

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-150324

(43)Date of publication of application : 02.06.1999

(51)Int.CI.

H01S 3/18

(21)Application number : 09-317268

(71)Applicant : NEC CORP

(22)Date of filing : 18.11.1997

(72)Inventor : MUROTANI YOSHIHARU

## (54) SEMICONDUCTOR LASER

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a semiconductor laser of a structure, wherein temperature dependence of oscillation wavelength of the laser is reduced and the oscillation wavelength is stable to a temperature change.

**SOLUTION:** Distributed reflectors having different temperature dependences of effective refractive index are formed on both sides on the front and rear of an active region 2 of a distributed reflection type semiconductor laser, and sample diffraction gratings 6 and 7 are respectively formed on these distributed reflectors. The ratio of the temperature gradient to a change in the refractive indexes of optical waveguides 4 and 5 on the front and rear of this active region 2 to the sample period of the diffraction gratings 6 and 7 contrives so as to become constant to constitute a vernier structure using the distributed reflectors formed on the front and rear of the above region 2.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 18.11.1997

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3166836

[Date of registration] 09.03.2001

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

## [Claim(s)]

[Claim 1] Semiconductor laser characterized by having the diffraction-grating structure of reflecting two or more wavelength prepared in at least two kinds of optical waveguides from which the temperature dependence of an equivalent refractive index differs, and said optical waveguide in the semiconductor laser which has a Bragg reflection machine.

[Claim 2] Semiconductor laser according to claim 1 characterized by the diffraction-grating structure prepared in said optical waveguide being a sample diffraction grating.

[Claim 3] Semiconductor laser according to claim 1 or 2 characterized by for the product of the equivalent refractive index of optical waveguide and diffraction-grating period in the mean temperature when changing a chip temperature at least to be fixed, and the reciprocal ratio of the temperature gradient of refractive-index change of optical waveguide and the sample period of a sample diffraction grating being fixed in the optical waveguide which forms said two or more sample diffraction gratings.

[Claim 4] Semiconductor laser according to claim 3 characterized by being the distribution reflective mold which has a sample diffraction grating at least to an active region, the passive field where the temperature dependence of an equivalent refractive index differs on direction both sides of a resonator of an active region, and said passive field.

[Claim 5] Semiconductor laser according to claim 3 characterized by having the active region which has said sample diffraction grating at least, and the passive field which has said sample diffraction grating.

[Claim 6] Semiconductor laser according to claim 4 or 5 characterized by having a heating device by the current impregnation for controlling the temperature of said optical waveguide.

## [Detailed Description of the Invention]

## [0001]

[Field of the Invention] This invention is for stabilizing the oscillation wavelength of semiconductor laser to a temperature change about semiconductor laser especially.

## [0002]

[Description of the Prior Art] As for the semiconductor laser which has Bragg diffraction grids put in practical use as semiconductor laser for high-speed optical communication, such as a distributed feedback laser (DFB:distributed feedback laser diode) and a distribution reflective mold (DBR:distributed Bragg reflector), oscillation wavelength is determined by the equivalent refractive index and diffraction-grating period of waveguide. However, since the refractive index of the semi-conductor which constitutes laser has temperature dependence, the oscillation wavelength of laser changes to a long wavelength side at degree C in about 0.1nm /with lifting of a chip temperature. Therefore, in the wavelength multiplex transmission (WDM:wavelength division multiplexing) system especially with the important control precision of wavelength etc., the temperature control by the Peltier device of semiconductor laser became indispensable, therefore power consumption increased, and the device was enlarged.

[0003] The approach of adopting the matter which has the negative temperature dependence in which a refractive index falls to a temperature rise as shown, for example in JP,60-5588,A as an approach of reducing the temperature dependence of the oscillation wavelength of such laser, and matter to which a part of laser cavity becomes short by the temperature rise is learned. Moreover, the approach of adopting as a reflector the dielectric which has a negative refractive index to temperature as shown, for example in JP,9-92924,A is learned. The forward refractive-index temperature dependence of the semiconductor material which constitutes laser by using the ingredient which has negative refractive-index temperature dependence is compensated with these approaches, and stabilization of wavelength is in drawing.

## [0004]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, since the ingredients which have the above-mentioned negative refractive-index temperature dependence are dielectrics, such as organic

materials, such as polystyrene and PMMA, and lithium fluoride, it is not necessarily easy to apply the usual laser making process, and sufficient result is not necessarily obtained about the dependability of a laser property, and long term stability as compared with the usual semiconductor laser.

[0005] The object of this invention has the temperature dependence of oscillation wavelength in offering small laser using the usual semiconductor laser making process.

[0006]

[Means for Solving the Problem] In order to attain the above-mentioned object, the following invention by combining two or more semiconductor waveguides from which the temperature dependence of a refractive index differs was variously reached as a result of examination.

1. Semiconductor laser characterized by having diffraction-grating structure of reflecting two or more wavelength prepared in at least two kinds of optical waveguides from which temperature dependence of equivalent refractive index differs, and said optical waveguide in semiconductor laser which has Bragg reflection machine.
2. Semiconductor laser given in the above 1 characterized by diffraction-grating structure prepared in said optical waveguide being sample diffraction grating.
3. Semiconductor laser given in the above 1 or 2 characterized by for product of equivalent refractive index of optical waveguide and diffraction-grating period in mean temperature when changing chip temperature at least to be fixed, and reciprocal ratio of temperature gradient of refractive-index change of optical waveguide and sample period of sample diffraction grating being fixed in optical waveguide which forms said two or more sample diffraction gratings.
4. Semiconductor laser given in the above 3 characterized by being distribution reflective mold which has sample diffraction grating at least to active region, passive field where temperature dependence of equivalent refractive index differs on direction both sides of resonator of active region, and said passive field.
5. Semiconductor laser given in the above 3 characterized by having active region which has said sample diffraction grating at least, and passive field which has said sample diffraction grating.
6. Semiconductor laser given in the above 4 or 5 characterized by having heating device by current impregnation for controlling temperature of said optical waveguide.

[0007]

[Embodiment of the Invention] The principle of this invention is first explained using drawing 2 . Drawing 2 is drawing explaining the reason which the wavelength of the distribution reflective mold laser shown in drawing 1 mentioned later stabilizes. (d) shows the axis of abscissa for the front-face side reflectance spectrum [ in / in a chip temperature / 0 degree C, 20 degrees C, 50 degrees C, and 100 degrees C ] 22 of a component, and the component rear-face side reflectance spectrum 23 typically as wavelength from (a) in drawing. As shown in drawing 2 , reflectance spectrum spacing of the front-face side reflectance spectrum 22 of a component is narrow as compared with the component rear-face side reflectance spectrum 23, and the reflectance spectrum before and behind a component constitutes vernier structure. Moreover, the front-face side wavelength temperature gradient 24 of a component is small compared with the component rear-face side temperature gradient 25. Laser oscillation of the laser which has the distribution reflector of such structure is carried out on the wavelength both whose reflectance spectrums correspond approximately. Therefore, even when a chip temperature changes, wavelength spacing of a reflectance spectrum has the structure where the oscillation wavelength 21 hardly changes, in order to hardly change, also when temperature changes. Namely, it considers as the structure (the product of the equivalent refractive index of optical waveguide and a diffraction-grating period is in agreement) whose main wavelength of a reflectance spectrum corresponds in the mean temperature (50 degrees C) when changing a chip temperature in the optical waveguide which forms two sample diffraction gratings. When the temperature gradient (temperature gradient of refractive-index change of optical waveguide) of reflectance spectrum change and the ratio (reciprocal ratio of the sample period of a sample diffraction grating) of wavelength spacing of a reflectance spectrum make it regularity, it has

the structure of compensating change of the wavelength to a temperature change.

[0008] This invention's changing with differences in a presentation of the temperature dependence of a refractive index with the temperature dependence of bandgap energy, the wavelength dispersion property of a refractive index, etc. or the refractive-index temperature dependence of a passive field uses becoming large compared with the active region to which threshold carrier density increases in connection with a temperature rise, and a refractive index falls. Moreover, this invention uses that a refractive index changes almost linearly to a temperature change in the temperature which usually uses laser.

[0009]

[Example] Next, the example of this invention is explained with reference to a drawing.

[0010] Example 1 drawing 1 is cross-section structure of distribution reflective mold laser which shows the configuration of the 1st example of this invention. it is shown in drawing 1 -- as -- the n-InP substrate 1 top -- MOVPE -- by law, the multiplex quantum well (MQW) active region 2 and the p-InP cladding layer 3 from which the peak of luminescence wavelength is set to 1.55 micrometers are grown up. next, SiO<sub>2</sub> from which it etches so that an active region 2 may serve as die length of 300 micrometers, and coverage differs optical waveguides 4 and 5 before the direction of a resonator of an active region 2, and on after both sides the selection MOVPE which sandwiched waveguide with the mask -- an InGaAsP layer is grown up by law. By the front-face side of a component (optical output side), forbidden-band width of face makes wavelength the presentation of optical waveguides 4 and 5, by the presentation [ corresponding to 1.20 micrometers ] (InGaAsP 1.20-micrometer presentation), and component rear-face side, forbidden-band width of face makes it wavelength, and it is produced, respectively so that it may become the presentation (InGaAsP 1.25-micrometer presentation) corresponding to 1.25 micrometers.

[0011] Next, an electron-beam-exposure method is used for the optical waveguide before and behind this, the sample diffraction grating 6 which becomes the 660-micrometer optical waveguide by the side of the front face of a component from a diffraction grating with a period of 0.2400 micrometers to a 20-micrometer field at intervals of 220 micrometers is produced, and the sample diffraction grating 7 which becomes the 600-micrometer optical waveguide by the side of a rear face from a diffraction grating with a period of 0.2405 micrometers to a 20-micrometer field at intervals of 200 micrometers is produced.

[0012] this optical waveguide top -- MOVPE -- after growing up the InP cladding layer 8 by law -- the usual laser production process -- following -- the optical waveguide of stripe geometry -- forming -- MOVPE -- a current block layer is re-grown up using law. Furthermore, nonreflective coatings 12 and 13 are performed to the n lateral electrode 9, the p lateral electrode 10, and a component order ends side, and laser is produced.

[0013] Thus, in the reflective temperature of 20 degrees C, as for the produced laser, the 1.65nm spacing and component rear-face side serves as [ the front-face side of a component ] 1.80nm spacing focusing on the wavelength of 1.5474 micrometers focusing on the wavelength of 1.5477 micrometers. Therefore, a reflectance spectrum before and after constituting vernier structure from 1.5510 micrometers in 20 degrees C is in agreement, and carries out laser oscillation.

[0014] Moreover, if the temperature dependence of each distribution reflector has become in degree C and 0.12nm /by the 0.11nm [ // degree C ] and component rear-face side by the front-face side of a component and a chip temperature rises by 7.5 degrees C, a reflectance spectrum will change to 0.825nm and 0.90nm long wavelength side, respectively. Therefore, since a reflectance spectrum is in agreement by 1.5510 micrometers also in this case, when oscillation mode changes to the next mode to a temperature change, laser with the small variation of oscillation wavelength is realized. The chip temperature has such an oscillation property from 0 to 100 degrees C, and distribution of oscillation wavelength is stabilized by about 1nm or less in this temperature requirement.

[0015] although InGaAsP optical waveguide was produced with etching and re-growth in this example -- Selection MOVPE -- it is also possible to form formation, simultaneously the optical

waveguide field of an active region using law. Moreover, although considered as the structure which does not form an electrode in a diffraction-grating formation field in this example, by making the InP cladding layer 8 into a p-InP cladding layer, it is also possible to form an electrode and fine adjustment of oscillation wavelength is attained by pouring a current into a diffraction-grating formation field in this case. Although the sample diffraction grating is furthermore formed in optical waveguide by this example, it is [ that what is necessary is just what constitutes the reflectance spectrum which reflects two or more wavelength ] possible similarly to constitute such a reflectance spectrum by the phase shift diffraction grating and the periodic modulation diffraction grating.

[0016] Example 2 drawing 3 shows the cross-section structure of the semiconductor laser which is the 2nd example of this invention. it is shown in drawing -- as -- the n-InP substrate 1 top -- SiO<sub>2</sub> the selection MOVPE using a mask -- by law, the multiplex quantum well (MQW) barrier layer 2 and optical waveguide 5 are produced so that the peak of luminescence wavelength may be set to 1.55 micrometers and 1.2 micrometers, respectively. Next, the sample diffraction grating 7 which becomes the 500-micrometer optical waveguide 5 from a diffraction grating with a period of 0.2410 micrometers to a 25-micrometer field at intervals of 125 micrometers about a diffraction grating with a period of 0.2400 micrometers again is formed in a 30-micrometer field at intervals of 150 micrometers at the 450-micrometer barrier layer 2. Furthermore, the p-InP cladding layer 3 and the InP cladding layer 8 are formed by two growth on this active region and optical waveguide. Then, according to the usual laser production process, the optical waveguide of stripe geometry which has a current block layer is formed, the nonreflective coatings 12 and 13 are formed in the n lateral electrode 9, the p lateral electrode 10, and a component forward rear face, and laser is produced.

[0017] Thus, the oscillation and reflectance spectrum in the active region and distribution reflector field of laser which were produced constitute vernier structure as well as an example 1, and temperature dependence has become in 0.10nm [ degree C ] /and degree C and 0.12nm /, respectively. When the oscillation wavelength of this laser changes a chip temperature from 0 degree C to 100 degrees C, it changes periodically by the same principle as an example 1, and distribution of that variation is stabilized by 0.5nm or less.

[0018] Example 3 drawing 4 shows the cross-section structure of the semiconductor laser which is the 3rd example of this invention. Only the point which is accumulating the accumulation mold heater 14 formed by titanium differs from the first example. Drawing 5 shows the temperature dependence of the oscillation wavelength when not operating the accumulation mold heater of the produced laser. Whenever it changes continuously [ wavelength ] about 0.1nm/degree C to a long wavelength side in connection with a temperature rise and about 8 degrees C of temperature change, oscillation mode changes next to one and oscillation wavelength moves to a short wavelength side discontinuously. Distribution of oscillation wavelength is stabilized by about 1nm or less in the temperature requirement from 0 degree C to 100 degrees C. At an accumulation heater, drawing 6 pours in a current, and operates it, and by tuning a chip temperature finely shows the case where oscillation wavelength is stabilized. Since 8 degrees C or less of the amount of temperature changes by heater heating are sufficient, the oscillation wavelength shown by - of drawing by current impregnation of about 50mA of maxes is obtained, and it is stabilized by 0.1nm or less as distribution of oscillation wavelength.

[0019]

[Effect of the Invention] According to the laser structure of having a distribution reflector by this invention, the laser component which stabilized oscillation wavelength to chip temperature change is offered, as a result, the Peltier device of a laser module etc. becomes unnecessary, and miniaturization of a device and low cost-ization are realized.

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-150324

(43)公開日 平成11年(1999)6月2日

(51)Int.Cl.  
H 0 1 S 3/18

識別記号

F I  
H 0 1 S 3/18

審査請求 有 請求項の数6 OL (全 5 頁)

(21)出願番号 特願平9-317268

(22)出願日 平成9年(1997)11月18日

(71)出願人 000004237  
日本電気株式会社  
東京都港区芝五丁目7番1号

(72)発明者 室谷 義治  
東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株  
式会社内

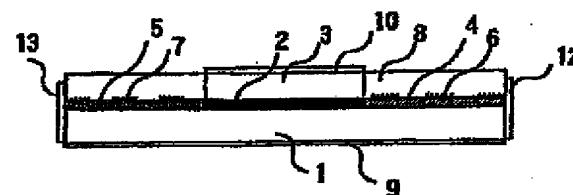
(74)代理人 弁理士 若林 忠 (外4名)

(64)【発明の名称】 半導体レーザ

(57)【要約】

【課題】 半導体レーザの発振波長の温度依存性を低減させ、発振波長が温度変化に対して安定な半導体レーザを提供する。

【解決手段】 分布反射型半導体レーザの活性領域の前後両側に等価屈折率の温度依存性が異なる分布反射器を形成し、この分布反射器にサンプル回折格子を形成する。この前後の光導波路の屈折率変化の温度勾配とサンプル回折格子のサンプル周期の逆比が一定となるようにして、前後の分布反射器でバーニア構造を構成する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 ブラッグ反射器を有する半導体レーザにおいて、等価屈折率の温度依存性が異なる少なくとも二種類の光導波路と、前記光導波路に設けられた複数の波長を反射する回折格子構造を有することを特徴とする半導体レーザ。

【請求項2】 前記光導波路に設ける回折格子構造がサンプル回折格子であることを特徴とする請求項1に記載の半導体レーザ。

【請求項3】 前記複数のサンプル回折格子を形成する光導波路において、少なくとも素子温度を変化させるときの平均温度における光導波路の等価屈折率と回折格子周期との積が一定であることおよび光導波路の屈折率変化の温度勾配とサンプル回折格子のサンプル周期との逆比が一定であることを特徴とする請求項1または2に記載の半導体レーザ。

【請求項4】 少なくとも活性領域と、活性領域の共振器方向両側に等価屈折率の温度依存性が異なる受動領域と、前記受動領域にサンプル回折格子とを有する分布反射型であることを特徴とする請求項3に記載の半導体レーザ。

【請求項5】 少なくとも前記サンプル回折格子を有する活性領域と、前記サンプル回折格子を有する受動領域とを有することを特徴とする請求項3に記載の半導体レーザ。

【請求項6】 前記光導波路の温度を制御するための電流注入による加熱機構を有することを特徴とする請求項4または5に記載の半導体レーザ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は半導体レーザに関するものであり、特に半導体レーザの発振波長を温度変化に対して安定化させるためのものである。

## 【0002】

【従来の技術】 高速光通信用半導体レーザとして実用化されている分布帰還型レーザ (DFB : distributed feedback laser diode) や分布反射型 (DBR : distributed Bragg reflector) などのブラッグ回折格子を有する半導体レーザは、導波路の等価屈折率と回折格子周期により発振波長が決定される。しかしレーザを構成する半導体の屈折率が温度依存性を有するために、素子温度の上昇に伴いレーザの発振波長は約0.1 nm/°Cで長波長側に変化する。そのため、特に波長の制御精度が重要な波長多重伝送 (WDM : wavelength division multiplexing) システム等においては、半導体レーザのペルチェ素子による温度制御が不可欠になり、そのため消費電力が増大し、デバイスが大型化していた。

【0003】 このようなレーザの発振波長の温度依存性を低減させる方法としては、例えば特開昭60-5588に示されるような、温度上昇に対して屈折率が下がる

負の温度依存性を有する物質や温度上昇によりレーザ共振器の一部分が短くなるような物質を採用する方法が知られている。また、例えば特開平9-92924に示されるように温度に対して負の屈折率を有する誘電体等を反射器に採用する方法が知られている。これらの方法では負の屈折率温度依存性を有する材料等を用いることにより、レーザを構成する半導体材料の正の屈折率温度依存性を補償し波長の安定化を図っている。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、上記の負の屈折率温度依存性を有する材料は、ポリスチレンやPMMA等の有機材料やフッ化リチウム等の誘電体であるために、通常のレーザ作製工程を適用するのは必ずしも容易でなく、また、レーザ特性の信頼性、長期安定性についても、通常の半導体レーザと比較すると必ずしも十分な結果が得られない。

【0005】 本発明の目的は、通常の半導体レーザ作製工程を用いて、発振波長の温度依存性が小さいレーザを提供することにある。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】 上記目的を達成するため種々検討の結果、屈折率の温度依存性が異なる複数の半導体導波路を組み合わせることによる下記の発明に到達した。

1. ブラッグ反射器を有する半導体レーザにおいて、等価屈折率の温度依存性が異なる少なくとも二種類の光導波路と、前記光導波路に設けられた複数の波長を反射する回折格子構造を有することを特徴とする半導体レーザ。
2. 前記光導波路に設ける回折格子構造がサンプル回折格子であることを特徴とする上記1に記載の半導体レーザ。
3. 前記複数のサンプル回折格子を形成する光導波路において、少なくとも素子温度を変化させるときの平均温度における光導波路の等価屈折率と回折格子周期との積が一定であることおよび光導波路の屈折率変化の温度勾配とサンプル回折格子のサンプル周期との逆比が一定であることを特徴とする上記1または2に記載の半導体レーザ。
4. 少なくとも活性領域と、活性領域の共振器方向両側に等価屈折率の温度依存性が異なる受動領域と、前記受動領域にサンプル回折格子とを有する分布反射型であることを特徴とする上記3に記載の半導体レーザ。
5. 少なくとも前記サンプル回折格子を有する活性領域と、前記サンプル回折格子を有する受動領域とを有することを特徴とする上記3に記載の半導体レーザ。
6. 前記光導波路の温度を制御するための電流注入による加熱機構を有することを特徴とする上記4または5に記載の半導体レーザ。

3

【発明の実施の形態】先ず本発明の原理を図2を用いて説明する。図2は後述する図1に示す分布反射型レーザの波長が安定化する理由を説明する図である。図中の(a)から(d)は素子温度が0°C、20°C、50°Cおよび100°Cにおける、素子前面側反射スペクトル22、および、素子後面側反射スペクトル23を横軸を波長として模式的に示している。図2に示すように、素子前面側反射スペクトル22の反射スペクトル間隔が、素子後面側反射スペクトル23と比較して狭くなっている。素子前後の反射スペクトルがバーニア構造を構成している。また、素子前面側波長温度勾配24は、素子後面側温度勾配25に比べて小さくなっている。このような構造の分布反射器を有するレーザは前後両方の反射スペクトルが一致する波長でレーザ発振する。したがって反射スペクトルの波長間隔は温度が変化した場合にもほとんど変化しないために、素子温度が変化した場合でも発振波長21がほとんど変化しない構造になっている。すなわち、二つのサンプル回折格子を形成する光導波路において、素子温度を変化させるとときの平均温度(50°C)において反射スペクトルの中心波長が一致する(光導波路の等価屈折率と回折格子周期との積が一致する)構造とし、かつ、反射スペクトル変化の温度勾配(光導波路の屈折率変化の温度勾配)と反射スペクトルの波長間隔の比(サンプル回折格子のサンプル周期の逆比)が一定にすることにより、温度変化に対する波長の変化を補償する構造となっている。

【0008】本発明はバンドギャップエネルギーの温度依存性や屈折率の波長分散特性などによって、屈折率の温度依存性が組成の違いにより異なること、あるいは、受動領域の屈折率温度依存性が、温度上昇に伴って閾値キャリヤ密度が増加し屈折率が低下する活性領域に比べて大きくなることを利用するものである。また本発明は、通常レーザを使用する温度において、温度変化に対して屈折率がほぼ直線的に変化することを利用するものである。

【0009】

【実施例】次に本発明の実施例について図面を参照して説明する。

【0010】実施例1

図1は本発明の第1の実施例の構成を示す分布反射型レーザの断面構造である。図1に示すようにn-InP基板1上にMOVPE法により、発光波長のピークが1.55μmとなる多重量子井戸(MQW)活性領域2およびp-InPクラッド層3を成長する。次に活性領域2が長さ300μmとなるようにエッチングし、活性領域2の共振器方向前および後両側に光導波路4および5を、被覆率の異なるSiO<sub>2</sub>マスクで導波路を挟んだ選択MOVPE法によりInGaAsP層を成長する。光導波路4および5の組成は、それぞれ素子前面側(光出力側)では禁制帯幅が波長にして1.20μmに対応す

る組成(InGaAsP 1.20μm組成)、また素子後面側では禁制帯幅が波長にして1.25μmに対応する組成(InGaAsP 1.25μm組成)となるように作製する。

【0011】次にこの前後の光導波路に電子ビーム露光法を用いて、素子前面側の660μmの光導波路に220μm間隔で20μmの領域に周期0.2400μmの回折格子からなるサンプル回折格子6を作製し、後面側の600μmの光導波路に200μm間隔で20μmの領域に周期0.2405μmの回折格子からなるサンプル回折格子7を作製する。

【0012】この光導波路上にMOVPE法により、InPクラッド層8を成長した後に、通常のレーザ作製プロセスに従って、ストライブ構造の光導波路を形成し、MOVPE法を用いて電流プロック層を再成長する。さらにn側電極9、p側電極10および素子前後両端面に無反射コーティング12、13を施してレーザを作製する。

【0013】このように作製したレーザは、反射温度20°Cにおいて、素子前面側が波長1.5477μmを中心にして1.65nm間隔、素子後面側が波長1.5474μmを中心にして1.80nm間隔となっている。したがって、20°Cにおいては1.5510μmでバーニア構造を構成する前後の反射スペクトルが一致してレーザ発振する。

【0014】またそれぞれの分布反射器の温度依存性は素子前面側で0.11nm/°C、素子後面側で0.12nm/°Cとなっており、素子温度が7.5°C上昇すると、反射スペクトルはそれぞれ0.825nmおよび0.90nm長波長側に変化する。したがって、この場合にも1.5510μmで反射スペクトルが一致するため、温度変化に対して発振モードが隣のモードに変化することにより、発振波長の変化量が小さいレーザが実現される。素子温度が0°Cから100°Cの間でこのような発振特性を有しており、この温度範囲で発振波長の分布は約1nm以下に安定化されている。

【0015】本実施例ではエッチングと再成長によりInGaAsP光導波路を作製したが、選択MOVPE法を用いて活性領域の形成と同時に光導波路領域を形成することも可能である。また本実施例では回折格子形成領域に電極を形成しない構造としているが、InPクラッド層8をp-InPクラッド層として、電極を形成することも可能であり、この場合には回折格子形成領域に電流を注入することにより発振波長の微調整が可能になる。さらに本実施例では光導波路にサンプル回折格子を形成しているが、複数の波長を反射する反射スペクトルを構成するものであればよく、位相シフト回折格子、周期交調回折格子によってこのような反射スペクトルを構成することも同様に可能である。

50 【0016】実施例2

図3は本発明の第2の実施例である半導体レーザの断面構造を示している。図に示すようにn-InP基板1上にSiO<sub>2</sub>マスクを用いた選択MOVPE法により、多重量子井戸(MQW)活性層2、光導波路5をそれぞれ発光波長のピークが1.55μmおよび1.2μmとなるように作製する。次に450μmの活性層2に150μm間隔で30μmの領域に周期0.2400μmの回折格子を、また、500μmの光導波路5に125μm間隔で25μmの領域に周期0.2410μmの回折格子からなるサンブル回折格子7を形成する。さらにこの活性領域および光導波路上に、p-InPクラッド層3およびInPクラッド層8を2回の成長で形成する。その後、通常のレーザ作製プロセスに従って、電流ブロック層を有するストライプ構造の光導波路を形成し、n側電極9、p側電極10および素子前後面に無反射コーティング12、13を形成してレーザを作製する。

【0017】このように作製したレーザの活性領域および分布反射器領域における発振および反射スペクトルは実施例1と同様にバーニア構造を構成し、温度依存性はそれぞれ0.10nm/°Cおよび0.12nm/°Cとなっている。このレーザの発振波長は、素子温度を0°Cから100°Cまで変化させたとき、実施例1と同じ原理で周期的に変化し、その変化量の分布は0.5nm以下に安定化されている。

#### 【0018】実施例3

図4は本発明の第3の実施例である半導体レーザの断面構造を示している。第一の実施例とはチタンで形成した集積型ヒータ14を集積している点のみが異なる。図5は作製したレーザの集積型ヒータを動作させない場合の発振波長の温度依存性を示している。温度上昇に伴い約0.1nm/°Cで波長が長波長側に連続的に変化し、温度が約8°C変わることに発振モードがひとつ隣に変わり、発振波長が短波長側に非連続に移動する。0°Cから100°Cまでの温度範囲において、発振波長の分布は約1nm以下に安定化されている。図6は集積ヒータに電流を注入して動作させ、素子温度を微調整することにより発振波長を安定化させた場合を示している。ヒータ加熱による温度変化量は8°C以下でよいために、最大約5\*

\* 0mAの電流注入で図の●で示す発振波長が得られ、発振波長の分布としては0.1nm以下に安定化される。

#### 【0019】

【発明の効果】本発明による分布反射器を有するレーザ構造によって、素子温度変化に対して発振波長を安定化したレーザ素子が提供され、その結果レーザモジュールのペルチェ素子等が不要になり、デバイスの小型化、低コスト化が実現される。

#### 【図面の簡単な説明】

10 【図1】本発明の実施例である半導体レーザの断面図である。

【図2】本発明の原理を示す図である。

【図3】本発明の実施例である半導体レーザの断面図である。

【図4】本発明の実施例である半導体レーザの断面図である。

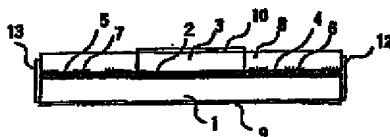
【図5】本発明のレーザ素子温度とレーザ発振波長との関係の一例を示す図である。

【図6】本発明のレーザ素子温度とレーザ発振波長との関係の他の例を示す図である。

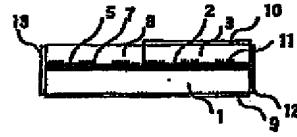
#### 【符号の説明】

- 1 n-InP基板
- 2 活性領域
- 3 p-InPクラッド層
- 4, 5 光導波路
- 6, 7, 11 サンブル回折格子(サンブルドグレーティング)
- 8 InPクラッド層
- 9 n側電極
- 10 p側電極
- 12 無反射コーティング(前面側)
- 13 無反射コーティング(後面側)
- 14 集積型ヒータ
- 21 発振波長
- 22 素子前面側の反射スペクトル
- 23 素子後面側の反射スペクトル
- 24 素子前面側の波長温度勾配
- 25 素子後面側の波長温度勾配

【図1】



【図3】



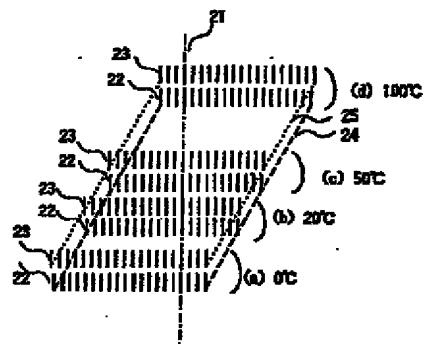
【図4】



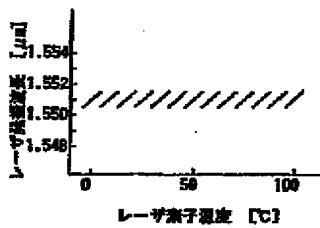
(5)

特開平11-150324

【図2】



【図5】



【図6】

